UNIVERSITY OF CAMBRIDGE.
SCHOOL OF AGRICULTURE
LIBRARY.

ANNALES

DE LA

SCIENCE AGRONOMIQUE

FRANÇAISE ET ÉTRANGÈRE

FONDÉES EN 1884 PAR LOUIS GRANDEAU

PUBLIÉES TOUS LES MOIS

SOUS LES AUSPICES DU MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

PAR

L'ASSOCIATION DES ANCIENS ÉLÈVES

DE L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE

4e SÉRIE — 1re ANNÉE — 1912

Tome I

ON S'ABONNE

A LA LIBRAIRIE
BERGER-LEVRAULT
5-7, RUE DES BEAUX-ARTS
PARIS

AU SIÈGE
DE L'ASSOCIATION
16, RUE CLAUDE-BERNARD
PARIS

1912

NOT TO BE TAKEN OUT.

Correspondants des Annales pour les colonies et l'étranger

COLONIES FRANÇAISES

H. Lecomte, docteur ès sciences, professeur au Muséum d'hist. naturelle.

ALLEMAGNE

J. Kônig, directeur de la Station agronomique de Münster.

Fr. Nobbe, directeur de la Station agronomique de Tharandt.

Tollens, professeur à l'Université de Göttingen.

Em. Ramann, professeur à l'Université de Munich.

ANGLETERRE

R. Warington, à Harpenden.

Ed. Kinch, professeur de chimie agricole au Collège royal d'agriculture de Cirencester.

AUTRICHE-HONGRIE

Eug. Vadas, directeur de la Station de recherches forestières de Hongrie, à Selmecbanya.

BELGIQUE

Grégoire, directeur de l'Institut chimique et bactériologique de l'État (Gembloux).

Graftiau, directeur du laboratoire agricole de Louvain.

CANADA

Dr O. Trudel, àOttawa.

ÉCOSSE

T. Jamieson, directeur de la Station agronomique d'Aberdeen.

ESPAGNE ET PORTUGAL

João Motta dá Prego, à Lisbonne.

ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

E.-W. Hilgard, professeur à l'Université de Berkeley (Californie).

Dr W.-H. Beal, Office des stations d'expérience (U. S. Department of agriculture) à Washington.

HOLLANDE

A. Mayer, directeur honoraire de la Station agronomique de Wageningen.

ITALIE

Dr L. Savastano, professeur d'arboriculture à l'École royale supérieure d'agriculture.

SUÈDE ET NORVÈGE

Dr A. Atterberg, directeur de la Station agronomique et d'essais de semences de Kalmar.

SUISSE

E. Schultze, directeur du laboratoire agronomique de l'École polytechnique de Zurich.

RUSSIE

M. Ototzky, Privat-docent à l'Université impériale de Saint-Pétersbourg.

P. Kossovitch, professeur à l'Institut impérial forestier de Saint-Pétersbourg.

UNIVERSITY OF CAMBRIDGE.
SCHOOL OF AGRICULTURE
LIBRARY.

A NOS LECTEURS

Il y a vingt-huit ans, paraissait le premier numéro des *Annales de la Science agronomique française et étrangère*, organe spécial des stations agronomiques.

Étant alors directeur de l'Agriculture, je favorisai la tentative et les efforts de Grandeau. La nouvelle publication me paraissait répondre à un besoin réel, et je fus assez heureux pour lui assurer le patronage du ministère de l'Agriculture.

Pendant vingt-huit ans les *Annales* publièrent les travaux des maîtres de la science agronomique, ainsi que ceux de jeunes savants dont le nom fait maintenant autorité.

C'est ainsi que, sous la direction de Grandeau, nous voyions, dès les premières années, collaborer à la rédaction les Schlœsing, Müntz, Prillieux, Aimé Girard, Lawes et Gilbert, etc., pendant qu'à leurs côtés se signalaient par leurs travaux A.-Ch. Girard, Schlœsing fils, Lindet, Schribaux, etc., etc.

L'œuvre entreprise par le regretté Grandeau est continuée aujourd'hui par l'Association des Anciens élèves de l'Institut agronomique, qui m'a demandé, en m'assurant le concours de collaborateurs savants et dévoués, de prendre la présidence du nouveau comité de rédaction.

Je l'ai acceptée, espérant qu'entouré comme je le suis, je pourrais contribuer à maintenir aux *Annales* le caractère scientifique et international auquel leurs lecteurs sont habitués.

Tous les travaux qui nous seront présentés seront l'objet d'un

examen approfondi de la section compétente, et, si le développement pris par les différentes branches de la science agronomique nous oblige à élargir un peu le cadre de la publication tel qu'il était à ses débuts, le niveau scientifique des mémoires insérés ne sera pas abaissé.

Et cette phrase de Grandeau que je trouve dans le premier numéro (janvier 1884), je ne puis que la reprendre, au nom du comité de rédaction, dans cette présentation :

« Le comité de rédaction apportera tous ses soins au choix des travaux à publier. Il s'efforcera de rendre les *Annales* aussi intéressantes que possible, par la valeur des mémoires originaux qui en formeront la partie capitale et non moins utiles par l'exactitude et par le nombre des indications bibliographiques. »

L'entente établie entre l'Association des Anciens élèves de l'Institut agronomique et la maison Berger-Levrault, ainsi que le haut patronage du ministère de l'Agriculture, assurent au nouveau comité de rédaction une base sérieuse sur laquelle il pourra, en toute sécurité, édifier une œuvre dont la parfaite réussite est son plus grand désir et à laquelle tous ses soins sont dès maintenant acquis.

E. TISSERAND.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA MALADIE

DU

« PIED NOIR DES CÉRÉALES »

OU

« MALADIE DU PIÉTIN »

Par M. G. FRON

MAITRE DE CONFÉRENCES A L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE

La maladie du pied-noir chez les céréales, ou « maladie du piétin » préoccupe à juste titre et depuis longtemps les agriculteurs. Le rapport de M. Pluchet, fait à la suite de l'enquête dirigée par la Société nationale d'Agriculture de France, en 1878, décrit longuement et de façon très nette, les caractères extérieurs de la maladie, l'époque ordinaire de son apparition et relate les nombreuses observations faites à ce moment dans les diverses régions de la France (1).

Depuis cette époque, beaucoup de travaux ont été publiés, tant pour préciser la nature même de la maladie, en déterminer les causes, que pour rechercher des méthodes de traitements. Tout en apportant des contributions importantes à l'étude de la question, le problème est loin d'être résolu et actuellement la maladie sévit presque chaque année, avec intensité, dans bien des régions.

Les premières observations que j'ai faites en vue d'une étude de la maladie remontent à 1907 et 1908. En juillet 1908, j'ai reçu des environs d'Ablis (Loiret), des échantillons de chaumes de

---

(1) *Bull. de la Soc. nat. d'Agriculture de France*, 1878.

blé versés et ces matériaux m'ont permis d'avoir des fructifications abondantes du champignon qui détermine la maladie. Mon correspondant m'écrivait (1) alors : « Les blés cultivés sont le Bordeaux, Japhet, Gironde et Trésor en mélange, ou le Gironde seul comme blé d'automne. Le Bordeaux est le plus sujet à la verse, au piétin et à la rouille. Cependant, cultivé seul comme blé de printemps, il a résisté au piétin, de même que le Japhet comme blé de mars. Ces deux dernières catégories ont pu être coupées facilement à la machine... A la batteuse, le blé versé par le piétin ne fournit que cinq sacs à l'heure au lieu de huit à neuf et encore est-il humide et incomplètement à maturité. La paille n'a aucune valeur, la batterie la hachant totalement... »

Ces premiers échantillons et d'autres récoltés durant la même année ont été conservés à l'air extérieur sur de la terre humide. Ils ont donné des périthèces à partir d'octobre 1908, mais au printemps suivant, ne présentaient plus que des conceptacles vides. A l'automne 1909, de nombreux périthèces se sont formés à nouveau, beaucoup plus abondants que l'année précédente.

C'est à ce moment que j'ai entrepris des expériences de traitement, expériences qui, malheureusement, ont été entravées par les pluies incessantes de l'hiver et les inondations qui en ont été la conséquence. Sur les champs d'essais, la nappe d'eau souterraine s'est trouvée relevée de son niveau habituel, ce qui a suspendu les travaux de culture et modifié totalement les conditions normales. Je n'en suis pas moins reconnaissant à MM. Turquin, Boulet, Benoist, Thomassin, ainsi qu'à plusieurs autres collaborateurs, d'avoir bien voulu me faire part de leurs observations ou mettre leurs cultures à ma disposition en m'aidant de leur compétence.

En outre M. Poiret, ingénieur agronome, alors stagiaire à mon laboratoire, m'a prêté, durant ces recherches, un concours qui m'a été précieux et je me fais un plaisir de lui en exprimer mes remerciements.

---

(1) M. Barbier, stagiaire de l'Institut national agronomique dans la ferme de M. Lainé, à Ablis (Loiret).

Cette situation m'a conduit à orienter mes recherches vers l'étude biologique du champignon, à préciser les conditions de son évolution, ses exigences et les circonstances qui influent sur son développement. Ce sont les premiers résultats de ces recherches que je publie aujourd'hui. Elles seront complétées ultérieurement par des expériences actuellement en cours, mais peuvent dès maintenant appeler des observations et des discussions que je serai heureux de voir aussi nombreuses que possible.

L'affection dont il s'agit est bien, en effet, de nature fongique et les travaux successifs de MM. Prillieux, Delacroix, Mangin, Krüger et beaucoup d'autres, ne laissent pas de doute à ce sujet (1). A la suite de ces travaux, la cause de la maladie a été rattachée à l'action de deux champignons principaux, l'*Ophiobolus graminis*, que j'ai eu souvent l'occasion de constater avec MM. Prillieux et Delacroix, alors que je me trouvais auprès d'eux à la station de Pathologie végétale, et qu'ils faisaient les recherches qu'ils ont publiées sur ce sujet, et, d'autre part, le *Leptosphæria herpotrichioides*, dont M. Mangin a constaté la présence en 1899 et qui avait été étudié antérieurement par Frank et désigné par lui sous le nom de « briseur de chaumes ».

Or, sur tous les échantillons que j'ai examinés ces dernières années, j'ai toujours constaté la présence du *Leptosphæria herpotrichioides*. Des fragments de chaumes récoltés à divers moments à partir de la manifestation de la maladie, c'est-à-dire à partir des mois de mai et juin, m'ont toujours montré des caractères constants que je décrirai dans la suite, les périthèces de *Leptosphæria* ne se formant que lors de la moisson et surtout après celle-ci, dans le courant de septembre-octobre, sur les fragments de chaumes restés dans les champs.

Je n'ai rencontré l'*Ophiobolus graminis* que sur un lot d'échantillons provenant de Villefranche-de-Rouergue (Haute-Garonne), récoltés après la moisson et maintenus pendant tout l'hiver sur

(1) *Bull. de la Soc. mycologique de France*, 1890 et 1899. — KRÜGER, *Untersuchungen über die Füskrankheit des Getreides*. Parey, 1908.

un sol humide. Ces fragments de chaumes ont donné naissance, dans les mois d'octobre et novembre 1910, à une très grande quantité de périthèces de *Leptosphæria herpotrichioides*. Mais, à partir de la fin de février 1911, ces périthèces étaient pour la plupart totalement vides de spores. Examinés en avril et surtout en mai, ces mêmes chaumes se trouvaient couverts de périthèces d'*Ophiobolus graminis* bien caractérisés avec des spores en bon état de maturité (1). Sur ces chaumes se trouvaient donc simultanément les deux espèces et les appareils de fructification se sont formés successivement, ceux de *Leptosphæria* d'abord, ceux d'*Ophiobolus* beaucoup plus tard. Ce sont les seuls échantillons sur lesquels j'ai pu observer récemment cette dernière espèce (2). Je l'ai recherchée sur des échantillons d'autre origine (départements du Loiret, de l'Aisne, de la Somme, de la Loire-Inférieure, etc.) et ne l'ai pas rencontrée. Le *Leptosphæria* seul était abondant et entrainait la maladie du pied. C'est, par suite, sur cette espèce que j'ai orienté particulièrement mes recherches.

I — CARACTÈRES GÉNÉRAUX — ASPECT EXTÉRIEUR DE LA LÉSION ÉPOQUE D'APPARITION DE LA MALADIE

C'est au mois de mai, au début de juin, que la maladie se manifeste, et, dès ce moment, elle s'étend avec rapidité, faisant tache d'huile, comme Pluchet l'a signalé dans son rapport.

Quand on examine alors la base des chaumes, on constate sur les dernier et avant-dernier entre-nœuds un feutrage mycélien répandu à la surface du chaume, pénétrant dans l'intervalle

---

(1) Cette observation concorde avec celle de MM. Prillieux et Delacroix, qui ont constaté seulement à la fin de l'hiver l'apparition des périthèces d'*Ophiobolus*.

(2) Au moment de donner ce mémoire à l'impression, je constate (décembre 1911) la présence simultanée des deux sortes de périthèces sur ces mêmes chaumes qui ont été maintenus à la surface du sol. L'évolution du mycélium de l'*Ophiobolus graminis* se poursuit donc d'une année à l'autre comme celle du *Leptosphæria herpotrichioides* et peut amener des poussées successives de périthèces.

des gaines foliaires pour se localiser sur l'un des côtés de la tige, qui prend une teinte grise et se dessèche en caractérisant des tissus mortifiés. Le pied atteint n'en continue pas moins à végéter, mais d'une manière languissante, et, lors de la formation de l'épi, il se couche au moindre vent.

Les observations microscopiques faites à cet état montrent un mycélium superficiel d'abord floconneux, blanchâtre, puis feutré et de coloration brune. Il est formé d'articles irréguliers se terminant souvent par des renflements plus ou moins volumineux. Ce mycélium constitue une sorte de croûte adhérente à la surface du chaume. M. Mangin a constaté la présence d'ampoules variqueuses envoyant un prolongement à travers l'épiderme pour pénétrer la plante hospitalière. J'ai retrouvé ce mode de pénétration sur les tissus très jeunes et ai pu en préciser le mécanisme par des essais d'infection sur des plantules de blé comme je l'indiquerai dans la suite.

Le mycélium circule dans l'intérieur des cellules, se localisant surtout au voisinage des faisceaux libéro-ligneux et l'étude des chaumes atteints a été faite avec assez de détails pour que je n'y insiste pas à nouveau.

Appareils de fructification. — Périthèces. — C'est après la moisson, à partir du mois de septembre, qu'on trouve des appareils de fructification sur les chaumes. Néanmoins, il est possible d'en trouver de plus précoces et j'ai constaté, en 1909, la présence de périthèces dès le mois de juillet sur des chaumes de blé de Saumur.

Les périthèces sont habituellement localisés entre la surface de la tige et la gaine foliaire du dernier ou avant-dernier nœud. Il est rare d'en rencontrer sur une portion de chaume qui ne soit pas recouverte par la gaine foliaire plus ou moins décomposée.

En arrivant à maturité, les périthèces traversent la gaine déjà desséchée et laissent sortir à l'extérieur la pointe du col plus ou moins allongée, suivant les conditions de développement. Les périthèces sont tantôt glabres, tantôt couverts de poils

noirâtres, surtout développés à la base du col. Ces divers aspects paraissent en relation avec les conditions d'humidité dans lesquelles ils se sont trouvés lors de leur formation (Pl. I, fig. I-II).

Tant que le périthèce n'est pas à maturité complète, on trouve à l'intérieur des asques et des paraphyses. Ces dernières sont hyalines, cloisonnées et légèrement renflées à leur extrémité, dépassant les asques qui ont aussi une membrane hyaline, épaissie à leur sommet (fig. III). Elles atteignent 200 μ de longueur sur 25 de largeur. Les spores, d'abord comprimées dans l'intérieur de l'asque, sont mises en liberté par gélification de la membrane et disparition des paraphyses à ce moment.

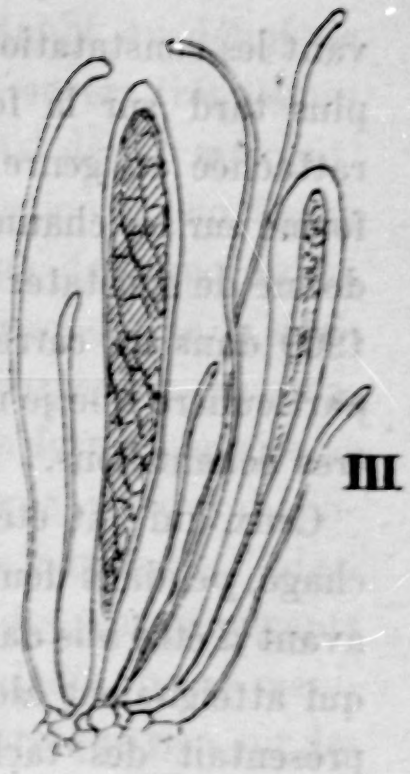
A maturité complète, on ne trouve plus dans l'intérieur des périthèces que des amas de spores, groupées encore par masses de huit et capables de sortir en un véritable bourbillon par l'extrémité du col du périthèce quand celui-ci est mis dans une goutte d'eau. C'est à cet état que se trouvent habituellement les périthèces dans le courant d'octobre et de novembre.

Après cette époque, surtout si l'hiver est froid et sec, les périthèces sont vides dès les mois de janvier et février. On ne retrouve plus sur les chaumes laissés à la surface du sol que des membranes de périthèces vides de tout contenu. Néanmoins le mycélium continue à évoluer dans les tissus, et l'année suivante, vers la même époque, il donne une nouvelle poussée de périthèces plus intense que la première. Sur des échantillons que j'ai conservés à la surface du sol, j'ai constaté que le même phénomène s'est reproduit encore une deuxième année (janvier et février 1911). Les nœuds étaient alors particulièrement atteints, la face du chaume qui reposait sur le sol, et par suite se trouvait à l'abri de la lumière et à une humidité plus grande, était entièrement couverte de petites tubérosités noires, formées par des périthèces à divers états de maturité.

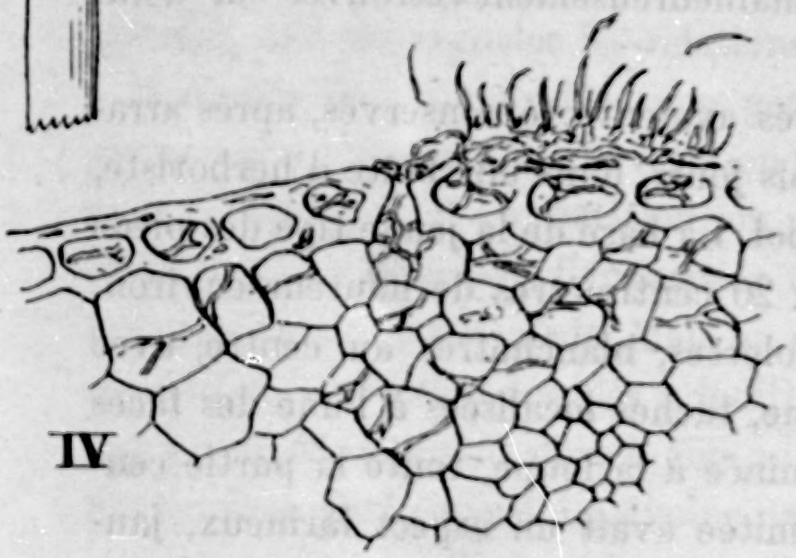
Telle est l'évolution normale de la maladie et ce que l'on constate en suivant les différentes phases à partir du mois de mai. Néanmoins, il doit exister une forme de propagation de l'espèce, permettant l'extension du champignon au début de l'été, sui-

I

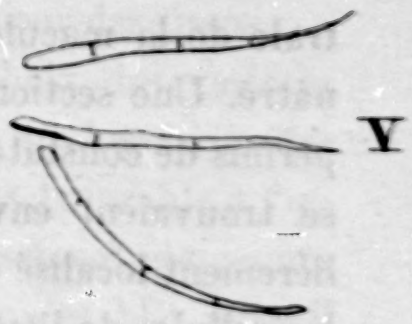
II



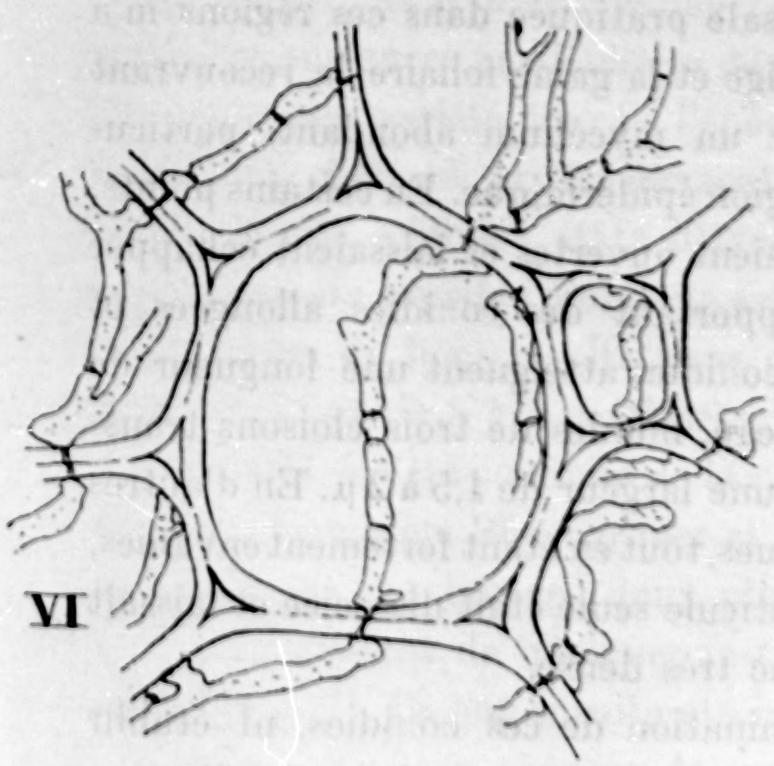
III



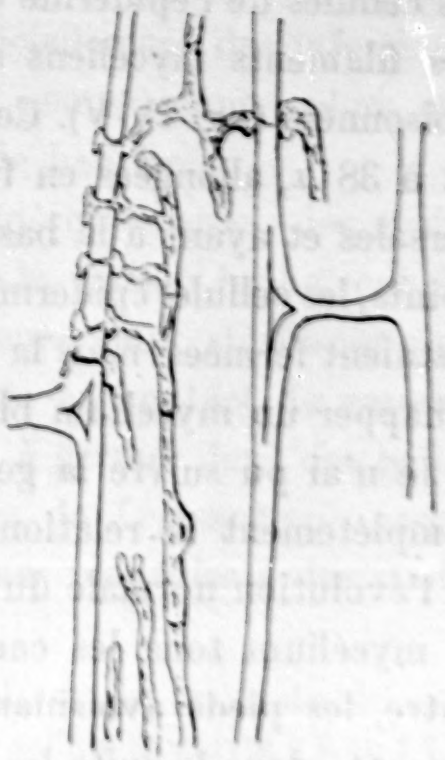
IV



V



VI



VII

Pl. I. — I. Aspect général d'un chaume atteint du Piétin, avec des périthèces de *Leptosphæria herpotrichioides* De Notaris. — II. Périthèces isolés. — III. Asques et paraphyses. Gr. = 400 d. — IV. Forme conidienne spéciale, *Cercosporella herpotrichioides*, nov. sp. Gr. = 900 d. — V. Conidies isolées. Gr. = 1.000 d. — VI et VII. Mycélium dans l'intérieur du tissu d'un chaume atteint Gr. = 400 d.

vant les constatations qui ont été souvent répétées : je reviendrai plus tard sur la forme conidienne décrite par M. Mangin et rattachée au genre *Dictyosporum*, n'ayant pu rencontrer cette forme sur les chaumes récoltés dans les champs. Mais il m'a été donné de constater sur du blé Japhet, récolté au début de mai 1909 dans un carré d'expériences, une forme conidienne toute particulière que je n'ai pu malheureusement retrouver sur d'autres échantillons.

Ceux qui ont été observés avaient été conservés, après arrachage, pendant deux ou trois jours, dans une boîte d'herboriste, avant d'être mis dans l'alcool. La base de la jeune tige des pieds qui atteignaient alors 15 à 20 centimètres de hauteur environ, présentait des taches décolorées, blanchâtres au centre, avec une marge légèrement brune, taches localisées à l'une des faces seulement de la tige. Examinée à la loupe, toute la partie centrale de la macule ainsi limitée avait un aspect farineux, jaunâtre. Une section transversale pratiquée dans ces régions m'a permis de constater que la tige et la gaine foliaire la recouvrant se trouvaient envahies par un mycélium abondant, particulièrement localisé dans la région épidermique. En certains points, les cellules de l'épiderme étaient ouvertes et laissaient échapper des filaments mycéliens supportant des conidies allongées et cloisonnées (fig. IV-V). Ces conidies atteignent une longueur de 32 à 38 μ, allongées en fuseau, munies de trois cloisons transversales et ayant à la base une largeur de 1,5 à 2 μ. En d'autres points, les cellules épidermiques, tout en étant fortement envahies, restaient fermées, mais la cuticule seule était dissociée et laissait échapper un mycélium blanc très dense.

Je n'ai pu suivre la germination de ces conidies, ni établir complètement la relation entre cette forme de multiplication et l'évolution normale du *Leptosphæria*, mais j'ai retrouvé dans le mycélium tous les caractères de l'espèce précédente et, en outre, les pieds avoisinants ceux qui avaient été récoltés ont présenté dans la suite les lésions caractéristiques de la maladie. Je pense, sans pouvoir l'établir avec une entière certitude, qu'il s'agit là d'une forme de propagation de la maladie, forme

qui doit être très dangereuse, puisqu'elle s'établit au début de l'évolution des blés, alors que les plants sont encore très jeunes et peuvent être atteints sans manifester le mal dès ce moment. La disposition des conidies, leur mode d'insertion et leur forme me font classer cette espèce dans le groupe des mucédinées phragmosporées du genre *Cercosporella* et je propose de la désigner provisoirement sous le nom de *Cercosporella herpotrichioides*, afin de rappeler les relations avec la forme parfaite.

Il résulte de ces considérations générales que, si nous distinguons trois périodes dans l'évolution totale de la maladie, l'infection, l'incubation et l'apparition, on possède des renseignements sur la troisième période, l'apparition de la maladie, qui se manifeste par la verse des pieds. Mais on ne sait presque rien sur les conditions d'infection des blés, conditions qui déterminent l'introduction du champignon dans la tige, ni sur la période d'incubation. durant laquelle le mycélium évolue dans l'intérieur des tissus.

Les conditions d'infection dépendent du choix des variétés et des circonstances particulières de culture. J'ai cherché à établir pour une variété donnée, l'époque la plus favorable à l'infection en réalisant artificiellement l'envahissement de jeunes plants de blé à divers états d'évolution. Sur des blés âgés, il ne m'a pas été possible d'obtenir artificiellement des infections, mais j'ai eu de bons résultats sur de jeunes plants, alors que les feuilles ont de 2 à 5 centimètres de hauteur.

Les essais ont été conduits de la manière suivante : des grains de blé de la variété Bon-Fermier et de la variété Japhet ont été stérilisés par des lavages dans plusieurs eaux stérilisées puis par un traitement de quelques instants au contact de vapeurs sulfureuses (1). Ils ont ensuite été mis à germer dans des boîtes de Petri et de l'eau chargée de spores de *Leptosphæria herpotrichioides* a été pulvérisée sur les jeunes plantules à des stades

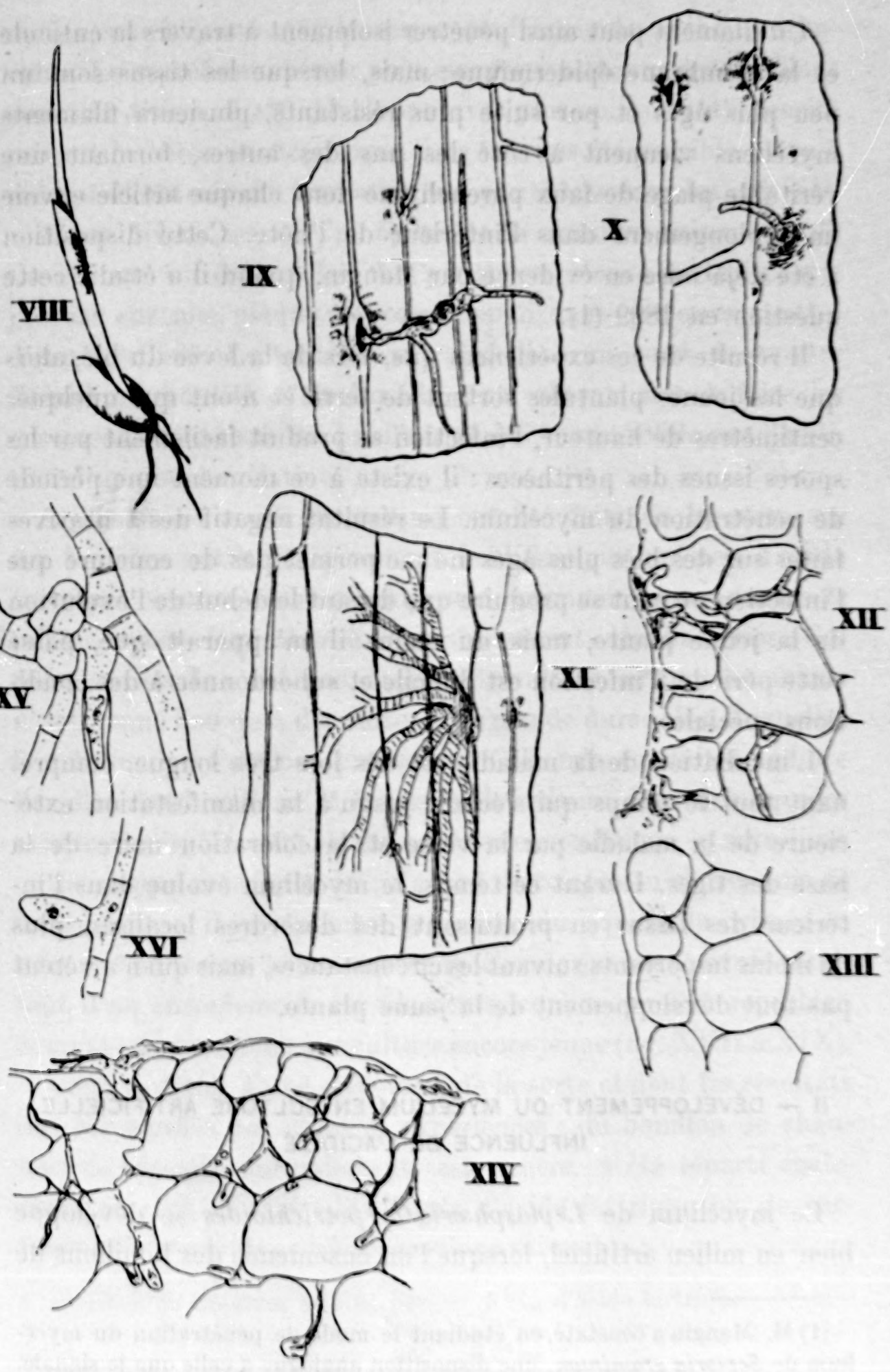
(1) Des premiers essais ont été faits en plaçant les grains de blé, après lavage à l'eau stérilisée, dans une solution de sulfate de cuivre à 1 ou 2 ‰. Dans ces conditions, l'infection ne s'est pas produite et j'ai dû modifier la méthode. La constatation n'en est pas moins intéressante car elle montre l'influence que peuvent exercer les sels de cuivre lors de la germination.

plus ou moins avancés. Lorsque l'état du système radiculaire l'a permis, les jeunes plantules ont été transportées en milieu liquide afin de pouvoir poursuivre leur développement. De la sorte, les infections ont presque constamment réussi; mais il n'en a pas été de même en pratiquant l'ensemencement sur des plants déjà développés, soit en culture liquide, soit en terre.

Lorsque l'infection se produit, on voit, au bout de cinq à six jours, la portion envahie prendre une coloration jaune, qui s'étend bientôt en une tache limitée à un côté de la jeune plantule. Le mycélium se répand en filaments floconneux, d'abord blancs à la surface de la tige, puis brunâtres, disposés en agglomérations plus ou moins apparentes.

Parmi les jeunes plantules qui ont été infectées de la sorte, quelques-unes ont été conservées dans l'alcool pour être étudiées au microscope, d'autres ont été repiquées dans des caisses de végétation ou maintenues dans des liquides nutritifs. Elles ont végété avec langueur et n'ont pas dépassé 35 à 40 centimètres de hauteur. Sur quelques-unes d'entre elles, j'ai constaté la présence de périthèces dès le mois de mai.

L'examen de la jeune plantule au début de l'infection permet de voir que la spore émet un ou plusieurs filaments mycéliens qui rampent sur la surface épidermique et pénètrent dans l'intérieur des tissus, soit par un stomate, soit, plus fréquemment, en perforant directement l'épiderme. Dans ce dernier cas, le filament mycélien cesse de croître, se renfle légèrement à son extrémité en prenant adhérence avec la membrane en ce point. Celle-ci se trouve modifiée dans sa composition chimique autour du point de contact, modification qui se manifeste par une coloration bleue au traitement du bleu lactique, tandis qu'un épaississement se produit vers l'intérieur de la cellule, au travers duquel le mycélium se fraie un passage par un canal étroit (Pl. II, fig. IX à XIV). Il se répand ensuite dans l'intérieur des cellules ainsi que dans les espaces intercellulaires en circulant à travers les membranes et en déterminant sur les tissus jeunes des épaississements localisés aux points de contact comme sur les cellules épidermiques.



Pl. II. — VIII. Aspect général d'un jeune plant de blé infecté artificiellement. — IX, X, XI. Marche de l'infection du mycélium à la surface de l'épiderme. — XIII. Section transversale de tissu sain. — XII-XIV. Tissu envahi par le mycélium

Un filament peut ainsi pénétrer isolément à travers la cuticule et la membrane épidermique; mais, lorsque les tissus sont un peu plus âgés et par suite plus résistants, plusieurs filaments mycéliens viennent à côté les uns des autres, formant une véritable plage de faux parenchyme dont chaque article envoie un prolongement dans l'intérieur de l'hôte. Cette disposition a été déjà mise en évidence par Mangin, quand il a étudié cette question en 1899 (1).

Il résulte de ces expériences que, lors de la levée du blé, alors que les jeunes plantules sortent de terre et n'ont que quelques centimètres de hauteur, l'infection se produit facilement par les spores issues des périthèces : il existe à ce moment une période de pénétration du mycélium. Le résultat négatif des tentatives faites sur des blés plus âgés ne me permet pas de conclure que l'infection ne peut se produire que durant le début de l'évolution de la jeune plante, mais du moins il m'apparaît que, passé cette période, l'infection est difficile et subordonnée à des conditions spéciales.

L'incubation de la maladie est dès lors très longue, comprenant tout le temps qui s'écoule jusqu'à la manifestation extérieure de la maladie par la verse et la coloration noire de la base des tiges. Durant ce temps, le mycélium évolue dans l'intérieur des tissus en produisant des désordres localisés, plus ou moins importants suivant les circonstances, mais qui n'arrêtent pas tout développement de la jeune plante.

II — DÉVELOPPEMENT DU MYCÉLIUM EN CULTURE ARTIFICIELLE INFLUENCE DE L'ACIDITÉ

Le mycélium de *Leptosphæria herpotrichioides* se développe bien en milieu artificiel, lorsque l'on ensemence des bouillons de

(1) M. Mangin a constaté, en étudiant le mode de pénétration du mycélium de *Septoria graminum*, une disposition analogue à celle que je signale. Il semble y avoir là une réaction de la plante qui cherche, dans la mesure de ses forces, à s'opposer à l'envahissement du parasite (*Bull. Soc. mycologique*, 1899).

chaumes de blé avec des spores ou des fragments de chaumes envahis. Le mycélium obtenu peut être transporté sur des bouillons nutritifs divers, il s'y développe avec plus ou moins d'intensité suivant les circonstances, mais il ne m'a pas été possible jusqu'à présent d'obtenir la formation de périthèces dans les cultures.

Après divers essais, j'ai opéré de la manière suivante : Je choisis sur un échantillon des périthèces bien à maturité, que j'écrase sur une plaque de verre dépoli dans quelques gouttes d'eau stérilisée. Le tout est entraîné dans un verre de montre flambé et stérilisé et le liquide ainsi obtenu sert à faire les ensemencements sur du bouillon de blé rendu solide par l'addition d'un peu de gélatine.

Des premiers essais de culture ont été faits de la sorte sur des liquides nutritifs légèrement acidifiés par un peu d'acide tartrique, comme cela se pratique couramment pour rendre le milieu moins favorable à l'envahissement des bactéries. Ces premiers essais n'ont pas donné de resultats, ou tout au moins n'ont donné lieu qu'à des cultures de peu de durée chez lesquelles l'évolution ne s'est pas poursuivie. Cela m'a conduit à réduire l'acidité des bouillons et à essayer la culture dans des liquides neutres ou légèrement alcalins. Dans ces conditions, le mycélium se développe avec intensité; d'abord de coloration claire, puis de teinte foncée, il se répand à la surface du liquide de culture en donnant naissance à une masse mycélienne épaisse et dense résultant d'un enroulement des filaments, comme on s'en rend bien compte en examinant une culture encore jeune (fig. XVII à XIX).

Voici le détail d'une série faite de la sorte et dont les résultats ont été vérifiés par d'autres expériences : du bouillon de chaumes de blé qui, normalement, est neutre, a été réparti également en sept matras additionnés d'acide tartrique ou de carbonate de soude dans les proportions suivantes :

1. Bouillon de chaumes acidifié par 5 °/₀₀ d'acide tartrique.
2. — — par 1 °/₀₀ —
3. — — par 0,5°/₀₀ —
4. — neutre (bouillon naturel).
5. — alcalinisé par 0,159 °/₀₀ de carbonate de soude.
6. — — par 0,318 °/₀₀ —
7. — — par 1,59 °/₀₀ —

L'ensemencement a été fait dans chacun des matras le 22 janvier 1911 avec du mycélium d'une culture antérieure obtenue de spores. Dès le 3 février le développement du mycélium était déjà avancé dans les matras 5 et 6, presque toute la surface du liquide se trouvant déjà recouverte par un strome blanc. A la fin du mois, toute évolution semblait suspendue, et, le 7 mars, les cultures ont été supprimées. Le mycélium a été examiné au microscope puis enlevé des matras et mis à sécher à l'étuve.

Les observations suivantes ont pu être faites au cours de l'évolution :

Matras 1. — Aucun développement ne s'est produit.

Matras 2. — Des colonies en masses arrondies, isolées les unes des autres, se développent dans l'intérieur du liquide; les plus grosses atteignent environ 1 centimètre de diamètre le 3 février. Dans le courant du mois de mai, elles arrivent à la surface, mais s'étendent très peu jusqu'à l'époque de suppression de la culture. Le mycélium est de coloration claire, jaunâtre, sans aucune cohésion.

Matras 3. — Des colonies en boules, d'abord immergées dans le liquide, gagnent la surface du bouillon de culture et se répandent sur presque toute la surface en un strome très grêle, sans cohésion, de coloration claire.

Matras 4. — Le mycélium se développe à la surface du liquide, le recouvrant presque entièrement dès le 3 février. A la fin du mois, le strome prend une coloration foncée, il est épais et dense, pénétrant profondément dans le liquide et montrant une tendance à s'élever sur la paroi du verre.

Matras 5. — Évolution très rapide à la surface du liquide de culture, qui est totalement recouvert le 3 février. Le mycélium se condense en un strome épais particulièrement sur le pourtour de la culture et prend une coloration foncée, avec un aspect farineux brunâtre à la surface vers le milieu du liquide : examiné au microscope, il montre des terminaisons renflées, cloisonnées, affectant des formes diverses, soit en articles successifs, soit en vésicules parfois divisées. Souvent le mycélium ne se trouve

pas arrêté dans son évolution par ces vésicules, il continue à évoluer en les traversant, se distinguant facilement à l'intérieur par le protoplasme dense qu'il contient (fig. XXII-XXV).

J'ai trouvé fréquemment une disposition analogue en examinant le mycélium répandu à la surface de chaumes atteints de la maladie. Mais je n'ai jamais vu ces éléments se désarticuler et germer comme des conidies. M. Mangin figure des dispositions de ce genre qu'il considère comme une forme conidienne du *Leptosphæria herpotrichioides* et classe dans le groupe des *Dictyosporum* (1). Je ne puis me ranger à cette manière de voir et pense qu'il y a là un simple bourgeonnement du mycélium comme cela se produit fréquemment sous l'influence d'une humidité excessive ou d'une nutrition particulière.

Matras 6. — Mêmes caractères, plus accentués. Le mycélium forme un strome épais et dense à la surface du liquide et monte le long du vase de culture.

Matras 7. — Le développement est assez long au début, le mycélium restant en colonies isolées dans le liquide comme dans le matras 3, mais pourtant il gagne la surface et s'y répand beaucoup plus vite que dans ce dernier. A la fin de l'expérience, presque toute la surface du liquide est recouverte par un feutrage mycélien fortement coloré, le mycélium tend à s'élever sur la paroi du vase de culture.

J'ai fait récolter dans plusieurs flacons d'expérience (nos 3, 5, 7), le mycélium produit; il a été extrait avec précaution, mis à sécher et pesé à diverses reprises, m'assurant qu'il n'y avait plus de perte de poids à l'étuve. En outre, l'acidité a été dosée dans les liquides nutritifs à la fin de l'expérience. Le tableau suivant résume les résultats qui ont été obtenus.

De ces premiers résultats, il est possible de conclure que le champignon demande pour son évolution, un milieu alcalin ou tout au moins neutre. Il redoute l'acidité qui, même faible, suffit à suspendre son développement.

TABLEAU.

(1) MANGIN, *Bull. Soc. mycologique*, 1899, p. 222.

NUMÉROS DES CULTURES	ACIDITÉ OU ALCALINITÉ du liquide de culture au début de l'expérience (1)	NOTES SUR LE DÉVELOPPEMENT des cultures du 22 janvier au 7 mars	POIDS de matière sèche pour cent de liquide	ACIDITÉ OU ALCALINITÉ du liquide à la fin de l'expérience
1. . .	5 °/∞ d'acide tartrique.	Pas de développement.	0	(non dosée)
2. . .	1 °/∞ d'acide tartrique.	Développement faible en colonies immergées. Coloration claire.	0	(non dosée)
3. . .	0,5 °/∞ d'acide tartrique.	Développement en colonies d'abord immergées puis en surface. Coloration brune du mycélium.	0gr280	0,1 °/∞ d'alcalinité en carbonate.
4. . .	Bouillon neutre (nature).	Développement assez rapide en surface. Coloration brune.	(non dosé)	0,5 °/∞ d'alcalinité.
5. . .	0,0160 °/∞ de carbonate de soude.	Développement rapide en surface. Coloration brune foncée.	1gr410	0,6 °/∞ d'alcalinité.
6. . .	0,318 °/∞ de carbonate de soude.	— Id. — Le mycélium tend à monter le long des parois du matras de culture.	3gr140	1 °/∞ d'alcalinité.
7. . .	1,59 °/∞ de carbonate de soude.	Développement lent au début. Colonies restant isolées dans le liquide.	(non dosé)	3,8 °/∞ d'alcalinité.

(1) Les analyses et dosages d'acidité et d'alcalinité du bouillon ont été faits, sous la direction de M. Ch. Girard, par M. Cochard. Je leur en exprime mes remerciements.

En milieu alcalin il végète activement, constituant un strome dense formé de filaments enroulés, à membrane épaisse, de coloration foncée, rappelant la coloration noire de la base des chaumes atteints par la maladie. Le mycélium tend à s'élever le long de la paroi du vase de culture, il monte aussi sur des fragments de tiges de blé lorsque l'on en dispose dans le flacon, comme s'il cherchait à éviter l'excès d'humidité. Mais il conserve toujours dans ces conditions une forme végétative et je n'ai pu déterminer la formation d'aucun appareil sporifère.

L'alcalinité du milieu est augmentée par son évolution et cela sans doute sous l'influence de la décomposition des matières albuminoïdes pour la formation de composés ammoniacaux.

III — RECHERCHES SUR LA VITALITÉ DES SPORES LEURS CONDITIONS DE GERMINATION — INFLUENCE DE LA LUMIÈRE

Les spores conservent longtemps leur vitalité dans l'intérieur des périthèces; mais, dès qu'elles sont expulsées au dehors, elles germent rapidement si elles rencontrent les conditions qui leur sont nécessaires; dans le cas contraire, elles ne tardent pas à périr. Dans une goutte d'eau suspendue en chambre humide, la germination s'effectue en quelques heures à la température de 20°. La spore commence par se gonfler légèrement, puis un ou plusieurs tubes germinatifs sont émis, soit par chaque extrémité, soit latéralement (fig. XIII-XIV). Le mycélium ainsi formé se développe dans le liquide et se dispose souvent, par suite d'une croissance irrégulière sur ses diverses faces, en boucles mycéliennes à une ou plusieurs spires, comme nous en avons déjà constaté l'existence dans les cultures précédentes (fig. XVII, XVIII, XIX).

1° *Résistance des spores a des solutions cupriques ou ferriques.* — J'ai cherché tout d'abord à me rendre compte de la résistance des spores à des solutions diverses et c'est au cours de ces recherches que des observations m'ont amené à déterminer l'influence de la lumière et à expliquer de nombreux insuccès obtenus au début.

Des spores issues de périthèces et récoltées dans de l'eau stérilisée ont été mises à germer dans des solutions titrées de sulfate de fer et de sulfate de cuivre, en même temps que des témoins étaient mis dans de l'eau ordinaire stérilisée.

Les solutions employées ont été les suivantes :

1. Eau pure.
2. Solution de sulfate de cuivre à. . . . . 0gr001 °/∞
3. — — à. . . . . 0 0025 —
4. — — à. . . . . 0 005 —

5.	Solution de sulfate de cuivre	à	0gr	05	°/oo
6.	Solution de sulfate de fer	à	0	05	—
7.	—	— à	0	1	—
8.	—	— à	0	5	—
9.	—	— à	1	0	—

Dans l'eau pure, la germination est rapide, elle est déjà indiquée six heures après la mise en train de l'expérience et toutes les spores sont germées au bout de douze heures.

Dans le liquide 2, presque toutes les spores entrent en germination; néanmoins, elles manifestent bientôt un état maladif, le filament mycélien ne prenant pas beaucoup de développement, comme le montre la figure XV, qui indique l'état devenu stationnaire au bout de cinq à six jours.

Dans la culture 3, quelques spores commencent à germer, mais ne tardent pas à périr et l'on ne constate aucune germination dans les solutions 4 et 5.

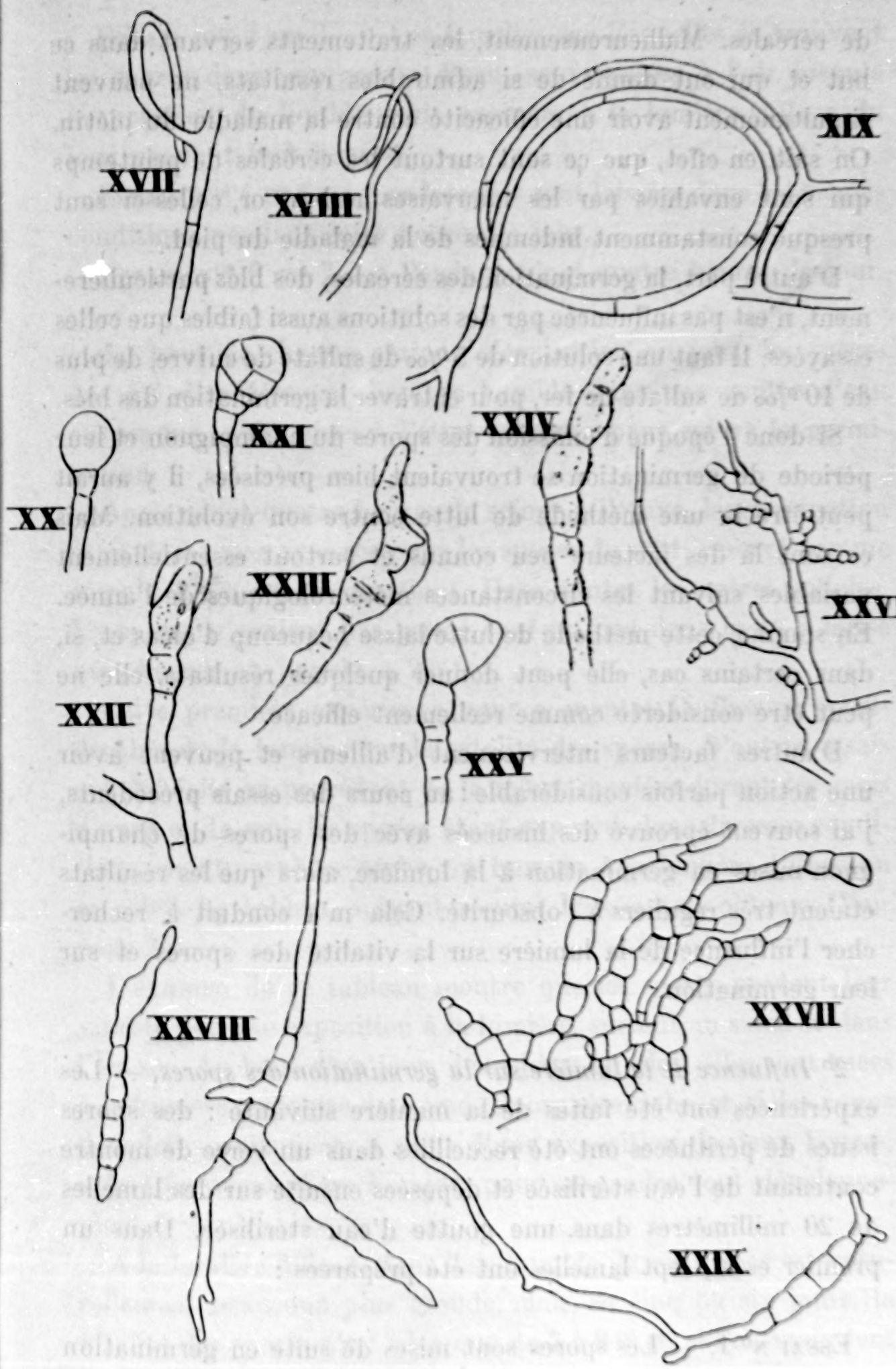
Les spores ne résistent donc pas à une solution de 0gr005 °/oo soit de $\frac{5}{1.000.000}$ de sulfate de cuivre.

L'action du sulfate de fer est beaucoup moins intense. La germination débute à peu près normalement dans la solution 6, mais beaucoup de spores ne germent pas. Il en est de même dans la solution 7, avec un retard plus accentué et une germination à peine de 50% des spores. En outre, la germination ne se poursuit pas et tout développement cesse avant même d'atteindre l'état figuré précédemment (fig. XV).

Dans la solution 8, on constate bien encore la germination de quelques spores, mais plus du tout dans 9.

Donc, le sulfate de fer se montre beaucoup moins actif que le sulfate de cuivre : il faut une solution de 0,5 °/oo soit de $\frac{5}{10.000}$ pour suspendre la germination des spores.

Ces expériences mettent en évidence l'action très nocive du sulfate de cuivre par rapport à celle du sulfate de fer, souvent employé maintenant, par suite de son prix avantageux, pour la destruction des sanves et des plantes nuisibles dans les cultures



Pl. III. — XVII à XIX. Différents états végétatifs du mycélium de *Leptosphæria herpotrichioides*. Gr. = 400 d. — XX-XXV. Formes d'involution du mycélium en culture âgée. Gr. = 800 d. — XVI-XXVII. Même état. Gr. = 400 d. — XXVIII-XXIX Germination de spores. Gr. = 800 d.

de céréales. Malheureusement, les traitements servant dans ce but et qui ont donné de si admirables résultats, ne peuvent simultanément avoir une efficacité contre la maladie du piétin. On sait, en effet, que ce sont surtout les céréales de printemps qui sont envahies par les mauvaises herbes; or, celles-ci sont presque constamment indemnes de la maladie du pied.

D'autre part, la germination des céréales, des blés particulièrement, n'est pas influencée par des solutions aussi faibles que celles essayées. Il faut une solution de 5 °/oo de sulfate de cuivre, de plus de 10 °/oo de sulfate de fer, pour entraver la germination des blés.

Si donc l'époque d'émission des spores du champignon et leur période de germination se trouvaient bien précisées, il y aurait peut-être là une méthode de lutte contre son évolution. Mais ce sont là des facteurs peu connus et surtout essentiellement variables suivant les circonstances météorologiques de l'année. En somme, cette méthode de lutte laisse beaucoup d'alcas et, si, dans certains cas, elle peut donner quelques résultats, elle ne peut être considérée comme réellement efficace.

D'autres facteurs interviennent d'ailleurs et peuvent avoir une action parfois considérable : au cours des essais précédents, j'ai souvent éprouvé des insuccès avec des spores de champignon mises en germination à la lumière, alors que les résultats étaient très réguliers à l'obscurité. Cela m'a conduit à rechercher l'influence de la lumière sur la vitalité des spores et sur leur germination.

2° *Influence de la lumière sur la germination des spores.* — Les expériences ont été faites de la manière suivante : des spores issues de périthèces ont été recueillies dans un verre de montre contenant de l'eau stérilisée et déposées ensuite sur des lamelles de 20 millimètres dans une goutte d'eau stérilisée. Dans un premier essai, sept lamelles ont été préparées :

Essai n° 1. — Les spores sont mises de suite en germination en milieu humide, dans une cellule de verre maintenue à l'obscurité dans l'étuve à 20°.

Essais nos 2 et 3. — Les lamelles sur lesquelles se trouvent les spores dans une goutte d'eau, sont laissées à l'air jusqu'à évaporation du liquide, puis exposées à la lumière diffuse du jour pendant huit heures.

Essais nos 4 et 5. — Les lamelles sont laissées dans les mêmes conditions pendant seize heures de jour.

Essais nos 6 et 7. — Pendant vingt-quatre heures de jour.

Au bout de chaque période d'exposition au jour, les spores ont été disposées en chambre humide dans une goutte d'eau suspendue, puis mises à l'étuve obscure pour suivre la germination.

Après vingt-quatre heures de séjour à l'étuve, la germination était déjà assez avancée pour les spores du n° 1, réservé comme témoin (98 % de germination). Dans toutes les autres cellules, les spores n'avaient pas germé sauf un peu dans le n° 3 laissé huit heures au jour (1 à 2 %).

Cette première expérience nous a montré l'influence considérable de la lumière sur la vitalité des spores. D'autres essais ont été faits en procédant de la même manière durant les mois d'avril et de mai, les spores étant exposées dans diverses conditions, en atmosphère sèche ou humide, à la lumière diffuse ou au soleil. Le tableau suivant résume les résultats obtenus (Voir page 24).

L'examen de ce tableau montre que les spores perdent leur vitalité par une exposition à la lumière, surtout au soleil et dans l'air sec. Au bout d'un jour, deux jours au plus, elles sont tuées à la lumière ordinaire dans une atmosphère sèche, et, si des coups de soleil surviennent, il suffit d'une exposition de deux heures, même en atmosphère humide, pour suspendre tout développement.

A la lumière diffuse, dans l'air humide, la résistance est naturellement beaucoup plus grande, mais, en cinq ou six jours, la vitalité des spores n'est plus que de 7 à 8 % et, si l'on maintient les spores à la lumière durant leur germination, elle est encore plus atténuée.

			NOMBRE DE SPORES GERMÉES POUR CENT après exposition à la lumière durant							
			3/4 d'heure	1 heure	2 heures	3 heures	5 heures	48 heures (2 jours)	60 heures (3 jours)	72 heures (4 jours)
Au soleil.	A l'air sec.	1.		0						
		2.			0					
		3.			0					
	A l'air humide.	1.		0						
		2.		4						
		3.			0					
		4.			0					
		5.					0			
		6.					0			
	Dans l'eau.	1.	10							
		2.		90						
		3.		95						
		4.			1					
		5.			0					
		6.				0				
A la lumière diffuse.	A l'air sec.	1.						0		
		2.						0		
		3.							0	
	A l'air humide (spores mises à germer dans l'obscurité).	1.						40		
		2.						50		
		3.							10	
		4.							15	
		5.								8
		6								7
	A l'air humide (spores mises à germer à la lumière diffuse).	1.							15	
		2.							18	
		3.								2 à 3
		4.								7

Étant donnée cette influence nocive de la lumière solaire, il y a lieu de se demander quelles sont les radiations les plus actives parmi celles qui composent la lumière du jour. S'il est difficile d'entrevoir la portée pratique immédiate de cette donnée, elle présente au point de vue scientifique un certain intérêt; des expériences dans ce sens sont en cours, et nous en ferons connaître ultérieurement les résultats.

Diverses considérations d'ordre pratique résultent de ces faits : Nous savons que les périthèces du champignon arrivent à maturité surtout dans le courant d'octobre et de novembre, sur les débris de chaumes qui se trouvent dans les champs de la ré-

colte précédente et surtout sur ceux qui proviennent de récoltes antérieures. Les pailles et les fumiers introduits sur les terres peuvent aussi en contenir à ce moment.

Si le temps est alors relativement couvert et humide, les spores émises conserveront assez longtemps leur vitalité, elles germeront en abondance. Si, au contraire, durant cette période la sécheresse est relativement assez forte, les coups de soleil fréquents, beaucoup de spores perdront de suite leur faculté germinative, et la maladie, lorsqu'elle se manifestera au printemps, sera beaucoup moins intense.

D'autre part, étant donnée la période relativement courte d'émission des spores hors des périthèces (octobre à janvier) et le peu de durée de la faculté germinative de ces spores, il est naturel de constater que ce sont surtout les blés d'hiver semés de bonne heure qui sont envahis par le champignon, ceux dont la levée s'effectue à ce moment, tandis que les blés de printemps restent indemnes. Cette observation, qui a été faite par de nombreux agriculteurs en des régions diverses, semble recevoir de ce fait une explication. Il est certain que des considérations de grosse importance culturale ne permettent pas de donner le conseil de semer les blés d'hiver à une époque avancée dans la saison, après la Toussaint par exemple; mais il a été souvent constaté que les blés semés à ce moment sont très faiblement atteints de la maladie du pied. La pratique se répand de faire, avec certaines variétés de blés, les semis à la fin de l'hiver (fin janvier ou février) et les résultats que nous obtenons montrent les avantages que l'on peut espérer de cette méthode au point de vue de la maladie qui nous occupe.

IV — MÉTHODES DE TRAITEMENT — GÉNÉRALITÉS ET OBSERVATIONS

Voyons maintenant ce qu'il est possible de dégager des observations de laboratoire que je viens de décrire et cherchons, d'une part, à nous rendre compte des résultats acquis par les tentatives de traitements antérieurs, d'autre part, à préciser les mé-

thodes qu'il y a lieu de suivre. Nous pouvons ranger en deux catégories les procédés de lutte contre la maladie du piétin : ceux qui consistent à détruire le champignon soit sur l'hôte, soit dans le sol, par des traitements appropriés effectués à des époques qui doivent être exactement déterminées, et, d'autre part, ceux qui tendent à enrayer l'action du mal par des méthodes de culture, par une sélection des variétés de blés cultivés, mettant le champignon dans de mauvaises conditions d'évolution et la céréale dans les conditions optimum pour la lutte qu'elle doit entreprendre.

Dans la première catégorie se trouvent les traitements qui offrent le plus d'efficacité quand ils sont pratiques : sur des arbres fruitiers, sur la vigne, il est possible d'arriver à supprimer un parasite avant qu'il n'ait pénétré dans son hôte ou à lui en interdire l'accès. Mais en est-il de même dans un champ de blé? Évidemment non. Aussi les procédés de cette catégorie n'ont-ils donné que des résultats incertains, irréguliers. Parmi ceux-ci l'incinération des chaumes restant sur le sol après la moisson a été conseillée par M. Prillieux en 1901. Il y a là une méthode, retour à l'ancienne pratique de l'écobuage, séduisante lorsque les blés coupés laissent sur le sol des éteules assez hautes : comme les périthèces se forment à la base des chaumes, la destruction des éteules peut être un procédé de destruction du champignon.

Mais, actuellement, les blés sont le plus souvent coupés près du sol. L'incinération des éteules ne peut se faire qu'avec de grosses difficultés et n'est pas pratique. D'autre part, les pailles sont ramenées sur le sol sous forme de fumier plus ou moins décomposé. Comprenant la base des chaumes, ces pailles contiennent du mycélium qui se développe dans ce milieu essentiellement alcalin. Il y a de ce fait un danger de contamination qui peut être considérable quand le système de culture entraîne une fumure directe sur blé.

Les tentatives d'incinération des éteules n'ont pas donné les résultats qu'on en attendait.

Les essais tentés à l'aide de solutions de sulfate de cuivre ou

de sulfate de fer répandues à diverses époques sur les terres à blé, n'ont donné que des mécomptes. MM. Schribaux en 1888, Gaillot en 1897, et beaucoup d'autres, ont fait des expériences dans ce sens et ont constaté une influence parfois nuisible aux blés. Néanmoins, les sels de cuivre et de fer ont une action énergique sur l'évolution du champignon et Boussingault, dès 1878, avait constaté que les blés sulfatés sont plus réfractaires à la maladie que ceux qui ne le sont pas. Dans les essais d'infection artificielle des jeunes plants de blé, j'ai été amené à faire une observation du même genre. L'opération du pralinage ou sulfatage des semences, qui est pratiquée couramment pour lutter contre les maladies charbonneuses, est donc un adjuvant utile, mais son action au point de vue qui nous occupe est éphémère et ne peut être considérée comme radicale.

Nous rangeons dans la deuxième catégorie des méthodes de traitement, le procédé qui consiste à introduire dans le sol une certaine quantité de sulfate de fer avant le semis, lors de la préparation des terres à blé. Ce procédé a été préconisé par M. O. Benoist dès 1891; il est pratiqué dans quelques terres de Beauce et donne parfois de bons résultats. Les conditions biologiques d'évolution du champignon me conduisent à penser que le rôle du sulfate de fer dans ce cas est de modifier la nature chimique de la terre, d'en atténuer l'alcalinité et, par suite, d'entraver l'évolution des spores à ce moment. Partant de cette idée, qu'il y a lieu de vérifier maintenant, j'ai fait entreprendre des essais en introduisant dans le sol du sulfate de fer sous forme de cendres noires du Soissonnais. On sait que ce produit, très employé jadis dans le département de l'Aisne, contient une forte proportion de sulfate de fer; son emploi est actuellement à peu près nul, et il est possible de se le procurer dans la région à très bas prix. Je n'ai pas encore les résultats de cette expérience, mais il est à croire qu'ils seront de même ordre que ceux qui ont été obtenus par le sulfate de fer.

M. Schribaux relate aussi de bons résultats obtenus par M. Le Dain, directeur de l'École du Grand-Resto, par l'apport de 1.500 kilos de scories de déphosphoration incorporés en deux

fois dans le sol par deux labours accompagnés de roulage et de crosskilage. Il est certain que les soins apportés à la préparation des terres, les façons culturales jouent un grand rôle et Pluchet l'a bien fait ressortir dans son rapport de 1878.

J'ai montré combien est éphémère la vitalité des spores et j'ai été amené à conclure que c'est de ce fait que provient l'immunité des blés d'hiver semés à une époque avancée dans la saison. Comme je l'ai déjà noté, je ne puis malgré cela préconiser cette méthode qui vient à l'encontre des recommandations les plus importantes de la culture du blé, mais il est certain que dans des terres particulièrement sujettes à la maladie, il peut être avantageux de retarder l'époque des semis, de les faire même seulement à la fin de l'hiver, fin janvier ou février, en utilisant à cet effet certaines variétés de blés (1).

En outre, l'espacement des semis, en réduisant l'humidité, permet l'arrivée de la lumière et de l'air à la base des chaumes et, par suite, doit entraver l'évolution du mycélium. Les semis en ligne ont depuis longtemps fait leurs preuves à ce point de vue et parfois il est avantageux de disposer les rangs à intervalles inégaux, rapprochés deux par deux.

J'ai laissé de côté dans cette étude la question du choix des variétés à cultiver, question qu'il est difficile de résoudre dans un travail d'ensemble et qui se trouve subordonnée à de nombreux facteurs, particulièrement à des influences locales. Néanmoins, il a été à plusieurs reprises constaté que les variétés précoces sont les plus sujettes à la maladie du pied et je me propose de revenir sur ce sujet en examinant les conclusions qui se dégageront d'expériences culturales actuellement en cours.

Il résulte de cet ensemble d'observations que l'étude biologique du champignon qui cause la maladie du pied permet d'expliquer de nombreuses observations pratiques et, par là, de se trouver mieux armé pour se mettre en garde contre son développement. M. Brandin, en 1908, a insisté sur la nécessité des

(1) M. Brandin a déjà conseillé ce procédé (*Soc. nat. des Agricult. de France*, 1908).

soins culturaux, du choix de l'assolement pour éviter la maladie. Je suis amené à des conclusions du même ordre, en apportant des explications à de nombreuses observations antérieures, mais en laissant encore malheureusement bien des points à élucider dans l'avenir.